



⑫

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :  
**02.11.95 Bulletin 95/44**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup> : **G10D 1/00**

②① Numéro de dépôt : **90910767.4**

②② Date de dépôt : **03.07.90**

⑥⑥ Numéro de dépôt International :  
**PCT/FR90/00501**

⑥⑦ Numéro de publication internationale :  
**WO 91/00589 10.01.91 Gazette 91/02**

⑤④ **INSTRUMENT DE MUSIQUE A ARCHET EN MATERIAU COMPOSITE.**

③① Priorité : **05.07.89 FR 8909048**

④③ Date de publication de la demande :  
**28.08.91 Bulletin 91/26**

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :  
**02.11.95 Bulletin 95/44**

⑥④ Etats contractants désignés :  
**AT BE CH DE DK ES GB IT LI LU NL SE**

⑤⑥ Documents cités :  
**WO-A-88/07251**  
**US-A- 4 364 990**  
**US-A- 4 408 516**

⑦③ Titulaire : **CENTRE NATIONAL DE LA**  
**RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**15, quai Anatole France**  
**F-75007 Paris (FR)**

⑦② Inventeur : **BESNAINOU, Charles**  
**11, rue de Mondétour**  
**F-91440 Bures-sur-Yvette (FR)**  
Inventeur : **VAJEDELICH, Stéphane**  
**93, boulevard Port-Royal**  
**F-75013 Paris (FR)**

⑦④ Mandataire : **Robert, Jean-Pierre et al**  
**CABINET BOETTCHER**  
**23, rue la Boétie**  
**F-75008 Paris (FR)**

**EP 0 433 430 B1**

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

La présente invention concerne un instrument de musique à archet, c'est à dire appartenant à la famille des violons, altos, violoncelles et contrebasses.

On a cherché depuis de nombreuses années sans grand succès, à remplacer le bois utilisé dans ce type d'instruments par un matériau composite à base de nappes de fibres longues. L'intérêt d'un tel matériau composite réside dans sa parfaite stabilité dans le temps à l'égard des variations hygrométriques et de températures, ce qui n'est pas le cas du bois. Un autre avantage réside dans la possibilité théorique de disposer d'un matériau à caractéristiques constantes et parfaitement identifiées autorisant une répétabilité dans la fabrication qu'il est impossible d'obtenir à partir du bois. C'est pourquoi, jusqu'à présent, la facture industrielle de violons en bois n'a jamais donné d'instruments remarquables et les violons concernés ne sont que des instruments d'étude ou d'entraînement.

La facture de violons en matériau composite, c'est à dire dont au moins la table d'harmonie est à base de fibres orientées (carbone ou polyamides aromatiques...) disposées en couches plus ou moins croisées et reliées entre elles par une résine, a toujours été un échec car les sons produits n'ont jamais pu atteindre la richesse des sons d'un instrument classique.

Un instrument de musique à archet qui est fabriqué en utilisant du matériau composite est décrit, par exemple, dans US-A-4 408 516.

La présente invention entend proposer un instrument utilisant comme l'un de ses composants, un matériau composite qui ne présente pas les inconvénients des instruments antérieurs.

A cet effet, elle a donc pour objet un instrument de musique à archet dont au moins la table d'harmonie est constituée par une paroi mince en matériau composite comprenant une superposition d'au moins deux nappes croisées de fibres longues orientées, recouverte sur au moins l'une de ses faces d'un matériau de garniture de densité nettement inférieure à celle des fibres, dans lequel l'arrangement des nappes de fibres est tel que le rapport : module d'élasticité longitudinale / module d'élasticité transversale de la paroi est plus élevé le long de l'axe de symétrie longitudinal de la paroi qu'au voisinage des bords latéraux de l'instrument.

On s'est en effet rendu compte qu'une paroi vibrante comportant ces caractéristiques permettait la production de sons riches, comparables à ceux produits par des violons de bonne qualité. Compte tenu des propriétés d'une structure composite à fibre longue, les modules d'élasticité dépendent essentiellement de l'orientation des fibres et de leur nombre dans une orientation donnée.

Ainsi, en considérant une fraction élémentaire d'une section transversale de la paroi et les projec-

tions d'une unité de longueur de chaque fibre qui traverse cette fraction élémentaire de section d'une part sur le plan de la section et d'autre part perpendiculairement à ce plan, le produit du nombre de projections longitudinales par leur longueur rapporté au produit du nombre de projections transversales par leur longueur est plus élevé pour une fraction élémentaire voisine du centre de la section transversale que pour une fraction élémentaire voisine de ses bords. En d'autres termes, on peut définir deux variantes de réalisation de l'invention selon que l'on agit sur le nombre de nappes de la paroi, différent au centre et au bord, ou que l'on agit, pour un nombre de nappes identique, sur l'orientation de fibres dans chaque nappe. Bien entendu, on peut réaliser un panachage des deux possibilités.

Dans le cadre général de cette construction, on peut modifier localement la structure composite pour renforcer telle ou telle partie de la paroi, notamment au niveau de l'âme.

Des exemples de réalisation de l'invention seront donnés au cours de la description ci-après afin d'en faire apparaître des avantages et des caractéristiques secondaires.

Il sera fait référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente en vue de face un violon dont au moins la table d'harmonie est conforme à l'invention,
- la figure 2 est une vue de côté du violon de la figure 1,
- la figure 3 est une coupe selon la ligne III-III de la figure 2 de la table d'harmonie de l'invention,
- la figure 4 est une vue agrandie d'une fraction élémentaire de la section de la figure 3,
- les figures 5 et 6 sont des schémas illustrant deux structures de base possibles pour une paroi en composite utilisable comme table d'harmonie ou fond.

Le violon représenté aux figures 1 et 2 comprend classiquement une table d'harmonie 1, un fond 2 et des éclisses 3 refermant latéralement la caisse de résonance. Un manche 4 est attelé à la boîte de résonance à l'extrémité duquel des cordes 5 sont fixées par des chevilles, ces cordes passant sur un chevalet 6 situé entre les oules 7 de la table d'harmonie, pour aboutir au cordier 8 de l'instrument.

La table d'harmonie 1 est une paroi voutée mise en forme par moulage d'un matériau composite comprenant une superposition de nappes (A,B,C,D,...) de fibres de carbone préimprégnées dans une résine polymérisable, ces nappes étant croisées sous des angles choisis. De chaque côté de cette superposition, il existe un habillage en placage de bois, Y et Z, qui confère à la table les caractéristiques du point de vue vibratoire (amortissement, diminution de la densité globale de la paroi...).

La figure 4 est le dessin d'une fraction élémen-

taire dS de la section de la table représentée à la figure 3. Cette fraction, élargie démesurément pour les besoins de l'exposé, est traversée par des fibres 10 à 14 (ou faisceaux de fibres), orientées dans une direction déterminée selon la nappe à laquelle elles appartiennent et/ou leur position dans la nappe.

Par exemple, les fibres 10, 12 et 14, appartenant à des nappes différentes, sont perpendiculaires à la fraction dS de section donc parallèle à l'axe longitudinal 9 de symétrie de l'instrument. Les fibres 11 et 13 appartenant à des nappes interposées entre les nappes précédentes sont croisées par rapport aux fibres 10, 12, 14. Si on prend pour chacune de ces fibres une longueur unitaire U et que l'on projette cette longueur unitaire d'une part sur le plan de la section et d'autre part sur un plan perpendiculaire à cette section, le rapport de la somme linéaire de ces projections dans chacun de ces deux plans est significatif du rapport des modules d'élasticité transversale et longitudinale. On comprend donc que si, en n'importe quel point de la paroi, chaque fraction dS de section est traversée par le même nombre de fibres orientées identiquement, le rapport des modules d'élasticité est constant. En revanche, si en s'éloignant de l'axe de symétrie 9, on supprime une nappe de fibres à orientation longitudinale, on diminue la grandeur significative des sommes de projections dans le plan longitudinal de symétrie de l'instrument sans modifier l'autre grandeur dans le plan de la section (les fibres supprimées ayant une projection nulle dans ce plan) si bien qu'on modifie le rapport : module d'élasticité longitudinale (qui diminue) / module d'élasticité transversale (qui demeure pratiquement inchangé) dans le sens d'une baisse de ce rapport.

De même si, en gardant le même nombre de nappes pour la paroi, on modifie l'orientation des fibres dans chaque nappe dans le sens d'une accentuation de leur "transversalité" lorsque l'on s'éloigne de l'axe de symétrie vers les bords, la somme des projections longitudinales diminue et la somme des projections transversales augmente, donc le rapport susdit des modules d'élasticité diminue.

La figure 5 montre une paroi conforme à l'invention dans laquelle l'une des nappes A de fibres est latéralement tronquée. La paroi ainsi construite présente sur ces bords un rapport de modules d'élasticité plus faible qu'au centre. On peut bien entendu découper la nappe A selon un contour adapté à la forme finale du violon.

A la figure 6 on voit qu'au moins l'une des nappes A possède des fibres qui sont orientées aux bords beaucoup plus transversalement qu'au centre où elles sont presque parallèles à l'axe de symétrie de la paroi. On parvient également par ce moyen, en combinant une ou plusieurs nappes de ce type en les croisant avec des couches à fibres rectilignes longitudinales ou en biais, à la construction d'une paroi répondant aux caractéristiques demandées.

Sur la figure 1 les lignes en traits interrompus veulent signifier que la table d'harmonie 1 comporte parmi ses nappes des nappes du genre de celle A de la figure 6. Elle peut également comporter des nappes du genre A de la figure 5. Ces dispositions montrent que le rapport des modules d'élasticité est maximum au centre de l'instrument, le long de son axe de symétrie longitudinal 9.

Ce qui est décrit pour la table d'harmonie s'applique également pour le fond de la caisse de résonnance.

Enfin, la table d'harmonie et le fond peuvent comprendre des renforcements locaux par adjonction de nappes supplémentaires de surface limitée. Par exemple, on sait qu'il existe dans les violons une âme logée à l'intérieur de la caisse de résonnance légèrement à force entre la table et le fond, à proximité de l'un des pieds du chevalet. Les zones de contact de la table et du fond avec l'âme peuvent être renforcées par adjonction, avant placage, de ces nappes partielles supplémentaires qui renforcent mécaniquement ces zones où il existe, du fait de l'âme, une concentration de contraintes. Dans ces zones bien entendu, le rapport des modules d'élasticité peut être supérieur à celui d'une zone au voisinage de l'axe de symétrie de la paroi et donc à fortiori d'une zone voisine des bords de l'instrument, mais la surface concernée est limitée. Ainsi, d'une manière générale, sauf en de tels endroits (on mentionnera également certaines bandes longitudinales partielles de la paroi de fond) le rapport des modules d'élasticité est décroissant soit continuellement, soit par palier du centre vers les bords.

## 35 Revendications

1. Instrument de musique à archet dont au moins la table d'harmonie (1) est constituée par une paroi mince en matériau composite comprenant une superposition d'au moins deux nappes (A, B, C, D...) croisées de fibres longues orientées, recouverte sur au moins l'une de ses faces d'un matériau de garniture (Y, Z) de densité nettement inférieure à celle des fibres, caractérisé en ce que l'arrangement des nappes de fibres est tel que le rapport : module d'élasticité longitudinale divisé par module d'élasticité transversale de la paroi est plus élevé pour une zone de paroi voisine de l'axe longitudinal de symétrie de l'instrument que pour une zone voisine de ses bords.
2. Instrument de musique selon la revendication 1 caractérisé en ce que, en considérant une fraction élémentaire (dS) d'une section transversale de la paroi et les projections d'une unité de longueur (U) de chaque fibre qui traverse cette fraction élémentaire de section, d'une part sur le plan de la section et d'autre part perpendiculairement

- à ce plan, le produit du nombre de projections longitudinales par leur longueur rapporté au produit du nombre de projections transversales par leur longueur est plus élevé pour une fraction élémentaire (dS) voisine du centre de la section transversale que pour une fraction élémentaire voisine de ses bords.
3. Instrument de musique selon la revendication 2 caractérisé en ce que les orientations des fibres traversant une fraction (dS) élémentaire de section sont identiques quelle que soit la position de cette fraction, la variation du produit susdit étant obtenue en diminuant, en direction des bords, le nombre des nappes de fibres à direction essentiellement longitudinale.
4. Instrument de musique selon la revendication 2 caractérisé en ce que le nombre de fibres traversant chaque fraction élémentaire (dS) de section est constant quelle que soit la position de cette fraction élémentaire, la variation du rapport susdit étant obtenue par modification de l'inclinaison des fibres dans chaque nappe à partir de leur inclinaison sur l'axe longitudinal de symétrie de la paroi.
5. Instrument de musique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la paroi comprend au moins une zone renforcée par au moins une nappe supplémentaire partielle de fibres.
6. Instrument selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la paroi de fond de la caisse de résonance est constituée de la même manière que la table.
2. Streichinstrument nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn man einen Elementarabschnitt (dS) eines Wandprofils und die Projektionen einer Längeneinheit (U) jeder diesen elementaren Profilabschnitt durchquerenden Faser einerseits auf die Profilebene und andererseits senkrecht zu dieser Ebene betrachtet, das Produkt der Anzahl von Längsprojektionen mit ihrer Länge bezogen auf das Produkt der Anzahl von Querprojektionen mit ihrer Länge bei einem der Profilmitte benachbarten Elementarabschnitt (dS) höher als bei einem dem Profilrand benachbarten Abschnitt ist.
3. Streichinstrument nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Orientierungen der einen Elementarabschnitt (dS) des Profils durchquerenden Fasern ungeachtet der Position dieses Abschnitts identisch sind, wobei die Änderung des vorgenannten Produkts erreicht wird, indem man die Anzahl der Lagen von im wesentlichen längsgerichteten Fasern in Richtung der Ränder verringert.
4. Streichinstrument nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der jeden Elementarabschnitt (dS) des Profils durchquerenden Fasern unabhängig von der Position dieses Elementarabschnitts gleich ist, wobei die Änderung des vorgenannten Verhältnisses erreicht wird, indem man die Neigung der Fasern in jeder Faserlage ausgehend von ihrer Neigung gegenüber der Längssymmetrieachse der Wand ändert.
5. Streichinstrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wand zumindest eine Zone enthält, die durch zumindest eine zusätzliche Teillage von Fasern verstärkt ist.

#### Patentansprüche

1. Streichinstrument, bei welchem zumindest die Klangdecke (1) durch eine dünne Wand aus Verbundmaterial gebildet ist, welches eine aus zumindest zwei sich kreuzenden Lagen (A,B,C,D,...) von orientierten Langfasern bestehende Aufschichtung umfaßt, die zumindest an einer ihrer Flächen mit einem Beschichtungsmaterial (Y,Z) versehen ist, dessen Dichte deutlich kleiner ist als die der Fasern, gekennzeichnet durch eine Anordnung der Faserlagen derart, daß das Verhältnis des Längselastizitätsmoduls der Wand geteilt durch ihren Querelastizitätsmodul in einer der Längssymmetrieachse des Instruments benachbarten Wandzone höher ist als in einer den Rändern des Instruments benachbarten Wandzone.

#### Claims

1. A bow musical instrument in which at least the front (1) is constituted by a thin wall of composite material comprising at least two superposed sheets (A, B, C, D, ...) of crossed and directed long fibers, the wall being covered on at least one of its faces with a lining material (Y, Z) of considerably lower density than the fibers, the instrument being characterized in that the disposition of the sheets of fibers is such that the ratio of the longitudinal modulus of elasticity of the wall div-

ided by the transverse modulus of elasticity of the wall is higher in a wall zone close to the longitudinal axis of symmetry of the instrument than it is for a zone close to the sides of the instrument.

- 5
2. A musical instrument according to claim 1, characterized in that, when considering an element (dS) of a cross-section of the wall and the projections of unit lengths (U) of each fiber passing through said element of the wall cross-section, 10 firstly on the plane of the section and secondly on a plane perpendicular thereto, the product of the number of longitudinal projections multiplied by their lengths compared with the product of the number of transverse projections multiplied by 15 their lengths is higher for an element (dS) close to the center of the cross-section than for an element close to its sides.
3. A musical instrument according to claim 2, characterized in that the directions of the fibers passing through an element (dS) of the section are 20 identical regardless of the position of said element, with the variation in the above-mentioned product being obtained by reducing the number of sheets of fibers extending essentially in the longitudinal direction on getting closer to the sides. 25
4. A musical instrument according to claim 2, characterized in that the number of fibers passing through each element (dS) of the section is constant regardless of the position of said element, with the variation in the above-mentioned ratio 30 being obtained by changing the angles of the fibers in each sheet starting with their angle relative to the longitudinal axis of symmetry of the wall. 35
5. A musical instrument according to any preceding claim, characterized in that the wall includes at least one area which is reinforced by at least one 40 additional partial fiber sheet.
6. An instrument according to any preceding claim, characterized in that the back wall of the sound body is made in the same manner as its front the 45 wall.

50

55

5

